植 物 分 类 学 报 34(6):569～576(1996)
Acta Phytotaxonomica Sinica

独叶草叶二叉分枝脉序中网结脉和盲脉的形态学研究*

任 毅 胡正海
(西北大学生物系,西安 710069)

MORPHOLOGICAL STUDIES ON ANASTOMOSES AND BLIND VEINS IN DICHOTOMOUS VENATION OF THE LEAF IN *KINGDONIA UNIFLORA*

Ren Yi Hu Zheng-hai
(*Biology Department, Northwest University*, Xi'an 710069)

Abstract The morphology of the dichotomous venation, anastomoses and blind veins in the venation of the leaf of *Kingdonia uniflora* were studied in the present work. The lamina is 5-divided. There are three veins at the base of the lamina, among which the middle one enters the base of the middle segment, and each lateral one dichotomyzes into two daughter veins. Each daughter vein enters the base of the lateral segments. The veins at the base of the segments dichotomize repeatedly 5～6 times forming the veins of different orders. Each vein of a particular order and its branches corresponde a particular lobe of the same order, and the ultimate vein terminates in the middle part of the umbo at the apex of a tooth. In some cases, a vein in a lobe or a lobule dichotomizes and one of the daughter veins enters the lobe or lobule, but the other enters the neighbouring lobe or lobule. This kind of dichotome is named lobes-overstepped vein. One or two of the daughter veins can be blind veins with different lengths. The daughter veins overstepping the other lobe or lobule can form an anastomosis. The existence of the lobes-overstepped vein and the anastomosis formed by the overstepped daughter vein indicate that the venation of this monotypic genus is more complex than it was considered. Sometimes the two neighbouring veins of two lobes or lobules can be extremely approached and this is the approximate vein. There are two types of anastomoses in the venation of this species. No intermediate forms of the fusion of the vascular bundles were observed between the two completely fused veins of the anastomoses and the two separate veins of the approximate veins. But the vestige of different degrees of the commissural veins was observed. Therefore, we consider the formation of anastomosis from the

---

* 国家自然科学基金资助项目。
1994-04-04 收稿。

approximate veins impossible. There are three types of blind veins in the venation of this species. The blind veins might have formed by the reduction of the vein terminating in a tooth accompanied by the reduction of the tooth, the interruption of the commissural veins of the anastomoses and the interruption of a veinlet from the branching point of a vein dichotome. According to the present morphological studies, we conclude that the dichotomous venation of the leaf of *Kingdonia uniflora* is of a characteristic of reduction and that the anastomosis is the vestige of the reduction from the closed venation to the open one. The occurrence of this kind of venation in the leaf of this species and some ferns and gymnosperms is a result of convergent evolution.

Key words *Kingdonia uniflora*; dichotomous venation; anastomosis; blind vein; morphology

摘要 对独叶草营养叶二叉分枝脉序及其中的网结脉和盲脉的形态学研究表明:(1)网结脉中2条完全汇合的与靠近脉中完全分离的叶脉之间未发现任何形式的维管束汇合的中间类型及网结脉中具有不同程度的连接脉退化痕迹的事实表明,网结脉不可能由靠近脉产生,相反,由于网结脉中联结脉的退化而形成开放脉;(2)盲脉是通过伴随着齿退化的达齿脉的退化、网结脉中联结脉的间断、非网结脉由分枝处间断三种方式产生的;(3)越裂片脉的出现及其可以形成网结脉的现象表明独叶草营养叶可能曾具有较为复杂的脉序,这种叶脉也呈现出退化的趋势;(4)独叶草营养叶的二叉分枝脉序可能是一种退化性状,而网结脉的出现可能是这种退化过程中的残留痕迹。

关键词 独叶草;二叉分枝脉序;网结脉;盲脉;形态学

独叶草 *Kingdonia uniflora* Balf. et W. W. Smith 的营养叶具有开放的二叉分枝脉序,在被子植物中类似的脉序仅见于星叶草 *Circaeaster agrestis* Maxim. 的营养叶中。在蕨类植物及裸子植物中,二叉分枝脉序一般认为是一个原始性状(Zimmermann, 1959; Troll, 1938; Goebel, 1922),但在被子植物独叶草和星叶草营养叶中,开放的二叉分枝脉序是原始的还是次生的,则有不同的认识。Troll(1938)假设,要解释这种脉序,可以想像 *Cabomba caroliniana* 的沉水叶中具单一叶脉的裂片合并成叶片的情况;而 Zimmermann (1965)认为,这种脉序的结构极类似一个"原始的顶枝复合体",因此代表着一种进化中的返祖现象。Foster (1963, 1959)及 Foster *et al.* (1960)发现,在独叶草和星叶草营养叶二叉分枝脉序中存在着网结脉。对于这种网结脉,Foster(1968, 1966, 1959)及 Foster *et al.* (1960)认为是由2条相互靠近的叶脉汇合的结果;Zimmermann(1965)认为它是由开放脉向网脉系统发育的第一步。我们曾对星叶草营养叶开放的二叉分枝脉序中的网结脉及盲脉进行了形态学研究,认为在星叶草营养叶中,开放脉是由于网结脉退化的结果(Ren Y. *et al.*, 待发表)。关于独叶草叶开放的二叉分枝脉序,Troll(1938)、Diels (1932)、Balfour *et al.* (1914)曾进行过描述,后来,Foster(1959)及 Foster *et al.* (1960)又进行一些研究。但遗憾的是,由于材料的缺乏,以往的研究并未涉及到独叶草营养叶二叉分枝脉序及其中的网结脉的形态学本质。本文作者利用大量的材料,对独叶草营养叶二叉分枝脉序及其中的网结脉和盲脉的形态学和类型进行了研究,并以此为基础,探讨了它们的形成方式及各类型之间的关系,试图为独叶草营养叶二叉分枝脉序中网结脉是原始的还是次生的这一疑难问题的解决,进而为独叶草系统位置的确定提供一些资料。

1　材料和方法

实验材料分别于 1994 年、1995 年 5～8 月采自陕西省太白山放羊寺、五里坡、下板寺。共观察 303 枚成熟叶片，隶属于 287 个个体。所有材料均以 FAA 固定。叶片以 5% NaOH 透明，番红染色，酒精系列脱水，二甲苯透明并制成永久装片标本。

2　观察结果

独叶草具掌状分裂的营养叶，叶片的脉序为开放的二叉分枝式，其最末级叶脉进入一个相应的齿中。现将其叶片的分裂方式及其与叶脉分枝间的关系、开放的二叉分枝达齿叶脉中的变异现象叙述如下。

2.1　叶的分裂方式及其与叶脉分枝方式的关系

独叶草的叶片为 5 全裂，为讨论方便，我们将中央全裂片称为Ⅰ、两侧上方的全裂片分别称为Ⅱ和Ⅱ'、两侧下方的全裂片分别称为Ⅲ和Ⅲ'(图版 1:1)。Ⅰ、Ⅱ和Ⅱ'3 枚全裂片的分裂方式相同、均具 3 个浅裂片。Ⅲ和Ⅲ'2 枚全裂片的分裂方式相同，都 2 深裂成 2 枚深裂片，分别将上方的深裂片称为Ⅲ1 和Ⅲ'1，将下方的深裂片称为Ⅲ2 和Ⅲ'2。Ⅲ1 和Ⅲ'1 均各具 3～5 枚浅裂片，而Ⅲ2 和Ⅲ'2 则各具 2～3 枚浅裂片。每个浅裂片具 3～5 个小裂片，每个小裂片上具 1～3 个牙齿(图版 1:1)。

在独叶草叶片基部具由叶柄而来的 3 条维管束形成的 3 条叶脉，其中中央的一条进入全裂片Ⅰ中，而两侧的叶脉各二叉分枝一次，各形成 2 条叶脉，上方的 2 条分别进入全裂片Ⅱ和Ⅱ'，下方的 2 条分别进入全裂片Ⅲ和Ⅲ'(图版 1:4)；将这 5 条叶脉称为一级叶脉。在全裂片Ⅰ、Ⅱ和Ⅱ'中，叶脉的分枝方式基本相同，每条一级叶脉二叉分枝 2～4 次，形成 3～5 条二级叶脉，每条二级叶脉及其分枝均对应着一个浅裂片；每条二级叶脉又各二叉分枝 2～4 次，形成 3～5 条三级叶脉，每条三级叶脉及其分枝均对应着一个小裂片；每条三级叶脉又二叉分枝 1～2 次或不分枝，形成末级叶脉。在全裂片Ⅲ和Ⅲ'中，叶脉的分枝方式基本相同，进入其中的一级叶脉二叉分枝一次，形成 2 条二级叶脉，上方的一条进入Ⅲ1(Ⅲ'1)中，而下方的一条进入Ⅲ2(Ⅲ'2)中。在Ⅲ1(Ⅲ'1)中，每条二级叶脉又二叉分枝 2～4 次，形成 3～5 条三级叶脉，每条三级叶脉及其分枝均对应着一个浅裂片；其后，三级叶脉的分枝方式与全裂片Ⅰ、Ⅱ和Ⅱ'中的二级叶脉相同。在Ⅲ2(Ⅲ'2)中，每条二级叶脉又二叉分枝成 2 条三级叶脉，每条三级叶脉及其分枝对应着一个浅裂片；每条三级叶脉又二叉分枝 1～2 次，形成 2～3 条四级叶脉，每条四级叶脉及其分枝均对应着一个小裂片；每条四级叶脉再二叉分枝 1～2 次或不分枝，形成末级叶脉。除盲脉外，每条末级叶脉均进入一个相应的齿中(图版 1:1)。

在一些叶片中，一个裂片中的一条叶脉发生一次二叉分枝，其中的一条子脉进入该裂片的一个齿中，而另一条子脉进入相邻的一个裂片中(图版 1:2,3,7,8,23)。我们将这样的一个二叉分枝叶脉称为越裂片脉(lobes overstepped vein)。这种现象仅发生在 2 个相邻的浅裂片和小裂片之间。越裂片脉中的 2 条子脉可以都是达齿脉(图版 1:7,23)，或其中的一条或两条可以成为具有不同长度的盲脉(图版 1:2,3,5,8)。在盲脉的盲端，往往具有一段无管状分子的维管束。越裂片后的子脉可以形成网结脉(图版 1:9,10,13,15)。

2.2 网结脉

网结脉是指2条相邻的叶脉相互靠近并汇合为一条，在此过程中，2条叶脉维管束中的输导组织完全汇合成一束，从而形成一个闭合的脉间区的现象。这里把将要发生输导组织汇合的叶脉称为联结脉。在所观察过的叶片中，44枚具有各种类型的网结脉，分属于39个个体。每个叶片具1～3个网结脉(图版1:6～9)并可出现于叶裂片的不同部位(图版1:16～18)。网结脉包括以下2种类型：

类型A：一次二叉分枝而来的2条叶脉又各二叉分枝一次，形成4条子脉，其后内方的2条子脉间发生一段距离的维管束汇合后，又二叉分枝成2条末级子脉，它们各自进入一个相应的齿中(图版1:7,8)。有时2条末级子脉中的一条可成为具不同长度的盲脉(图版1:8)；有时发生维管束汇合后的叶脉不分枝而直接进入一个相应的齿中(图版1:14,15)。

类型B：一次二叉分枝而来的2条叶脉中，一条不再分枝，而另一条又二叉分枝一次，不分枝叶脉和相邻的一条分枝后的子脉发生一段距离的维管束汇合后又二叉分枝成2条末级叶脉，它们各自进入一个相应的齿中(图版1:13)；有时发生维管束汇合后的叶脉不分枝而直接进入一个相应的齿中(图版1:10～12,16,17)或成为具不同长度的盲脉(图版1:18)。

在一些网结脉中，联结脉显得较其他叶脉为细或呈现出退化的迹象(图版1:7～9,15,17. 图版2:36)。在一些例子中，联结脉的维管束中仅具1～3列管状分子(图版2:26)；在另外一些例子中，联结脉维管束中的1～3列管状分子由连接处呈现出间断的趋势，即在连接处的叶脉维管束无管状分子(图版2:27～29)；在其他一些例子中，联结脉的维管束中仅在一端的连接处具有一列管状分子(图版2:40)，或在整个连接脉维管束中无管状分子(图版2:39)。

2.3 靠近脉

靠近脉是指2条相邻的叶脉相互靠近(图版1:20)，用肉眼或放大镜观察，这2条相互靠近的叶脉有时似乎汇合成一条(图版1:19)，但在显微镜下的观察表明，它们在从基部向顶部延伸的过程中始终是分开的(图版1:21)。在所有叶片中只发现了9例靠近脉，而且只见于2相邻的浅裂片和小裂片间(图版1:19,20)。

2.4 盲脉

盲脉是指不进入齿中(上行盲脉)，或上端进入齿中而下端不和任何叶脉连接(下行盲脉)，或上端不进入齿中、下端也不和任何叶脉连接(孤脉)的叶脉。在所观察过的每枚叶片中均具有盲脉，每个叶片具2～21个盲脉。盲脉包括以下3种类型，而且不同的类型可以存在于同一叶片中。

类型Ⅰ：上行盲脉，其盲端是远基的。此种类型的盲脉包括不分枝盲脉和分枝盲脉。不分枝盲脉是指一次二叉分枝所形成的2条子脉中的一条成为盲脉，这种盲脉具有不同的长度，有时其盲端伸向另一条相邻的叶脉，明显表现出由网结脉中的联结脉间断而来的趋势(图版1:22,23)，或其盲端伸向或正对着一个相应的退化齿，但并不进入此退化齿中，或对着各级裂片光滑的边缘(图版1:7,11,15,24,25. 图版2:30,38)，或对着2相邻浅裂片或小裂片间的凹缺(图版2:37,41)，极端的例子为盲脉只以数个管状分子为代表(图版

2:42)。分枝盲脉是指一次二叉分枝所得的 2 条子脉均为盲脉(图版 1:5. 图版 2:31,32)。有时一条叶脉二叉分枝 2 次形成的 3 条叶脉均可以成为盲脉(图版 2:33。上行盲脉一般出现于叶片各级裂片的边缘,但正对着 2 相邻浅裂片或小裂片间凹缺的盲脉则常出现于中央部位或近边缘处。

类型 Ⅱ：下行盲脉,其盲端是近基的,极靠近或不靠近一条相邻的叶脉,或其盲端弯曲伸向一相邻的叶脉(图版 2:43)。有时一次二叉分枝而来的 2 条子脉中的一条在分枝处其维管束中不存在管状分子(图版 2:35)。此种类型的盲脉明显表现出是由一次二叉分枝形成的一条子脉由分枝处间断而来。下行盲脉可出现于叶片的不同部位。

类型 Ⅲ：孤脉。此种盲脉具有远基的和近基的两个盲端(图版 2:45～48)。孤脉具有不同的长度,其远基端类似于上行盲脉的盲端,有时与退化齿相关(图版 2:44,45),有时对着叶各级裂片光滑的边缘(图版 2:43,46);其近基端类似于下行盲脉的盲端,有时近基端弯曲并靠近一条相邻的叶脉(图版 2:44,46),明显表现出是由一次二叉分枝的叶脉间断而来;在图版 2:45 所示的例子中,孤脉的大部分位于左方的小裂片中,而其远基端则伸向右方的小裂片,此种孤脉可能来自于一个越裂片脉;有时孤脉只以数个管状分子为代表,但其两个盲端均具一段无管状分子的维管束。孤脉可以出现于叶片的任何部位,但一般均多少与叶各级裂片的边缘相关(图版 2:46～48)。

2.5　齿的退化

独叶草叶片的齿存在于远基端,正常的为三角形,先端具一极短的突起,最末级叶脉的末端伸入此突起的中部(图版 2:34)。这样的齿常发生不同程度的退化,有时先端的突起消失(图版 1:24),有时成为半圆形(图版 1:25)或波状(图版 1:7,11,15. 图版 2:31,32),其中无叶脉伸入(图版 2:44)。齿的退化与盲脉的出现有密切的相关性。退化齿常出现于各级裂片远基端的两侧,在同一裂片中常可见到数种变异。

3　讨　论

3.1　Foster (1959) 及 Foster *et al*. (1960) 设想,在独叶草营养叶的二叉分枝脉序中,网结脉是由靠近脉形成的。但如果像他们所设想的那样,则在由靠近脉向网结脉的转变过程中,必然存在着叶脉维管束由相互靠近到由同一维管束鞘包围着两束输导组织,再到两束输导组织完全汇合的连续过程。事实上,我们对所有的靠近脉及网结脉的形态学观察表明,只存在着维管束的靠近(在靠近脉中)和完全汇合(在网结脉中)两个极端类型,并未发现任何过渡类型。相反,在网结脉中存在着不同程度的联结脉的退化,即联结脉明显变得比周围的叶脉为细,或成为 1～3 列管状分子,或从联结脉的一端发生间断,其后管状分子的数量不断减少直至消失,这样则由网结脉形成了开放型的叶脉。在盲脉类型 I 中,一些盲脉的盲端极靠近相邻的另一条叶脉而明显表现出由一个网结脉中的联结脉间断而来的例子,以及图版 2:26～29,39,40 所示的例子明显地说明了这一点。本文所发现的靠近脉均出现于 2 相邻的浅裂片和小裂片之间,这种靠近脉则可能是由于 2 条相邻叶脉在空间位置上的靠近而引起的。上述事实表明,以下 3 方面结论及假设并不能成立,即：Foster (1959) 及 Foster *et al*. (1960) 关于独叶草叶二叉分枝脉序中的网结脉是由靠近脉形成的结论;Zimmermann (1965) 关于独叶草叶片中的网结脉是由开放型叶脉向网脉进化的

第一步的假设;Troll (1938) 关于独叶草二叉分枝叶脉是由象 *Cabomba caroliana* 那样的沉水叶中具单一叶脉的裂片合并而来的假设。

3.2 盲脉的出现和各级裂片远基端两侧齿的退化呈现出明显的相关性。齿的退化以其先端突起的消失为标志,以后,这个齿变得平缓而成为半圆形,然后成为波状,最后成为平滑的叶缘。在此过程中,伸入齿中的叶脉变短而退出齿并成为盲脉。以后,这条叶脉继续变短而远离退化齿直至消失。这是盲脉形成的第一种方式。盲脉形成的第二种方式为网结脉中联结脉在远基端从连接处间断,比较"图版 1:11,12,17,18"所示的网结脉和"图版 1:22,23"所示的盲脉可明显发现这一点。盲脉的这种形成方式明显表明独叶草的网结脉呈现出的是退化的趋势。一条不发生网结的叶脉如果从其分枝处间断并且逐渐缩短,则形成盲脉类型Ⅱ,即下行盲脉,这是盲脉形成的第三种方式。如果盲脉形成的第一种和第三种方式同时或先后在同一条叶脉上发生,则形成盲脉类型Ⅲ,即孤脉。

越裂片脉及其可以形成网结脉的现象表明独叶草的营养叶可能曾具有较为复杂的脉序。在越裂片脉中,一条或两条子脉成为不同长度的盲脉的事实表明,如果此盲脉继续缩短直至消失,则由越裂片脉形成非越裂片脉。因此,越裂片脉也呈现出退化的趋势。

在网结脉类型 A 中,网结后又二叉分枝产生的 2 条子脉一般各伸入一个相应的齿中,有时其中的一条可以成为盲脉,按盲脉产生的第一种方式可以推测,这条盲脉如果进一步变短而消失,则会形成网结脉类型 A 中的另外一种变异,即发生维管组织汇合后的叶脉不再分枝,本文的观察结果明显表明了这一趋势。

3.3 上述形态学研究结果表明,独叶草营养叶中开放的二叉分枝脉序可能是网脉退化的结果,而网结脉的存在可能是这种退化过程的残留痕迹。因此,将独叶草营养叶中开放的二叉分枝脉序与某些蕨类植物及裸子植物叶片中开放的二叉分枝脉序这一原始性状相提并论(Foster *et al.*, 1974; Foster *et al.*, 1960)是不合适的,它们可能是具有不同发生方式的趋同演化的结果。这和星叶草营养叶中脉序表现出了相同的趋势(Ren Y. *et al.*,待发表)。但在星叶草中,每个叶片最多只有一个网结脉(Foster,1968,1966;Reu Y. *et al.*,待发表),而独叶草每个叶片中可有 2~3 个网结脉。从网结脉退化为开放脉的角度来看,星叶草较独叶草更为特化一些。

参 考 文 献

Balfour I B, Smith W W, 1914. *Kingdonia uniflora*. In diagnoses specierum novarum L I-CII (Species Chinenses). Notes Roy Bot Gard Edinb, **8**:191~192

Diels L, 1932. *Circaeaster* eine hochgradig reduzierte Ranunculacee. Beih Bot Centralbl, **49** (Erg Bd):55~60

Foster A S, 1959. The morphological and taxonomic significance of dichotomous venation in *Kingdonia uniflora* Balfour f. et W. W. Smith. Notes Roy Bot Gard Endinb, **23**:1~2

Foster A S, 1963. The morphology and relationships of *Circaeaster*. Journ Arnold Arb, **44**:299~321

Foster A S, 1966. Morphology of anastomoses in the dichotomous venation of *Circaeaster*. Amer J Bot, **53**:588~599

Foster A S, 1968. Further morphological studies on anastomoses in the dichotomous venation of *Circaeaster*. Journ Arnold Arb, **49**:52~67

Foster A S, Arnott H J, 1960. Morphology and dichotomous vasculature of leaf of *Kingdonia uniflora*. Amer J Bot, **47**:684~698

Foster A S, Giford E M Jr. 1974. Comparative Morphology of Vascular Plants. 2nd ed. San Fransisco: Freeman and Company

Goebel K. 1922. Gesetzmassigkeitem im Blattaufbau. Bot Abhandl Heft 1. Jena

Troll W. 1938. Vergleichende Morphologie der hoheren Pflanzen. Erster Bd. Zweiter Teil. 1. Lieferung. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1093～1094

Zimmermann W. 1959. Die Phylogenie der Pflanzen. Stuttgart: Zweite Auf. G. Fischer

Zimmermann W. 1965. Die Telomtheorie. Bd. I. Fortschritt der Evolutionsforschung. Stuttgart: Gustav Fischer 148

图版说明 Explanation of Plates

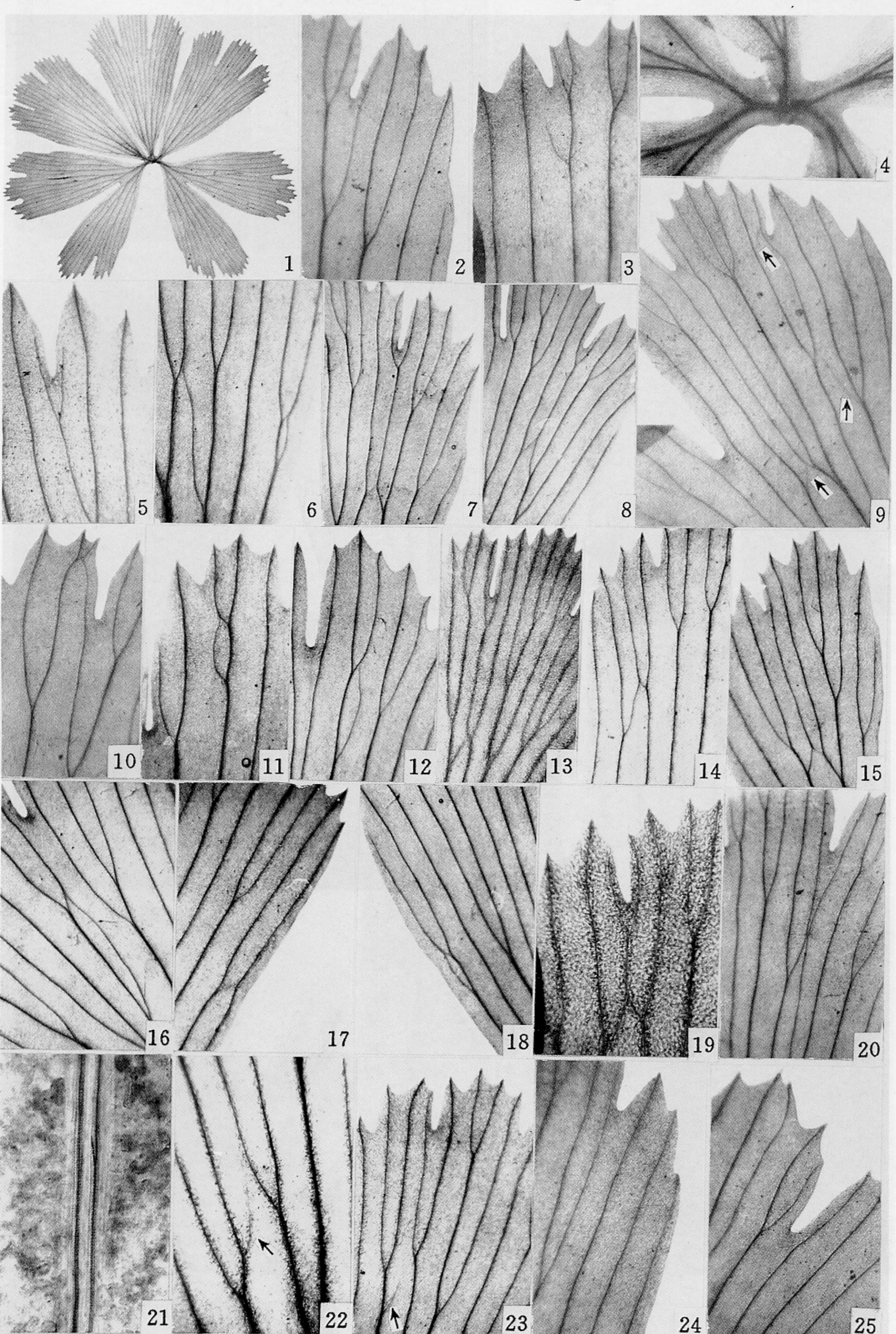
图版 1　1. 独叶草叶片的分裂方式及二叉分枝叶脉，×0.78。2～3. 越裂片脉中的一条子脉成为不同长度的盲脉，×40。4. 图 1 中叶片基部的放大，×40。5. 越裂片脉中的 2 条子脉均成为盲脉，×40。6～18. 网结脉　6. 一个全裂片上具 2 个网结脉，×40。7～8. 类型 A　7. 叶脉网结后又分枝的 2 条子脉成为越裂片脉，×25；8. 同图 7，但一条子脉成为盲脉，×25。9. 一个侧深裂片上具 3 个网结脉，最右边的一个为越裂片脉所形成，×50。10～13. 类型 B，示网结脉出现于叶裂片的不同部位　10. 网结脉由越裂片脉形成，×40；11. 裂片的左边缘尚有一个盲脉及波状退化齿，×40；12. ×40；13. 网结脉由越裂片脉形成，×16。14～15. 类型 A　14，×40；15. 网结脉由越裂片脉形成，全裂片的右边缘尚具一个盲脉及波状退化齿，×25。16～18. 类型 B　16，×40；17. 联结脉较周围叶脉为细，×40；18. 联结后的叶脉成为盲脉，×40。19～21. 靠近脉　19. 见 2 条相互靠近的叶脉在放大镜下似乎汇合为一条，×40；20，×25；21. 第 19 图中靠近脉的部分放大，示 2 条叶脉非常靠近，×100。22～25. 盲脉类型 I　22. 示盲脉的盲端明显表现出由 1 个网结脉中的联结脉在远基端间断而来，×40；23. 同 22，×25；24. 盲脉伸向 1 个齿，此齿先端的突起消失，×40；25. 盲脉伸向 1 个半圆形的退化齿，×40。

图版 2　26～29. 联结脉(箭头所示)　26. 维管束中仅具 1 列管状分子，×100；27. 在远基端的连接处间断，×100；28. 在远基端的连接处尚存在着一段无管状分子的维管束，×100；29. 上半部分维管束中无管状分子，下半部分维管束中仅具 1 列管状分子，×70。30～33. 盲脉类型 I 。30. 示盲脉对着平滑的叶缘，×40。31～33. 分枝盲脉　31～32. 一次二叉分枝中的 2 条子脉为盲脉，×40；33. 一条叶脉 2 次二叉分枝所得的 3 条子脉均成为盲脉，×40。34. 一个正常齿，示最末级叶脉伸入齿先端突起的中部，×70。35. 盲脉类型 Ⅱ，示一个二叉分枝叶脉的 2 条子脉中的一条在分枝处维管束中无管状分子(箭头所示)，×100。36. 一个网结脉的部分，示联结脉较周围其他叶脉为细，×80。37～38. 盲脉类型 I　37. 示盲端正对着 2 相邻小裂片间的凹缺，×40；38. 同 30，×40。39～40. 联结脉(箭头所示)　39. 维管束中无管状分子，×100；40. 维管束仅在近基端具一列管状分子，×100。41～42. 盲脉类型 I　41. 同 37，×40；42. 一个极端退化的盲脉，其盲端维管束中只是 1 列管状分子，×80。43. 类型 Ⅱ，示盲端稍弯曲向一条相邻的叶脉，×40。44. 一个退化齿，示其先端的突起消失及无叶脉伸入，×70。45～48. 类型 Ⅱ，×40。

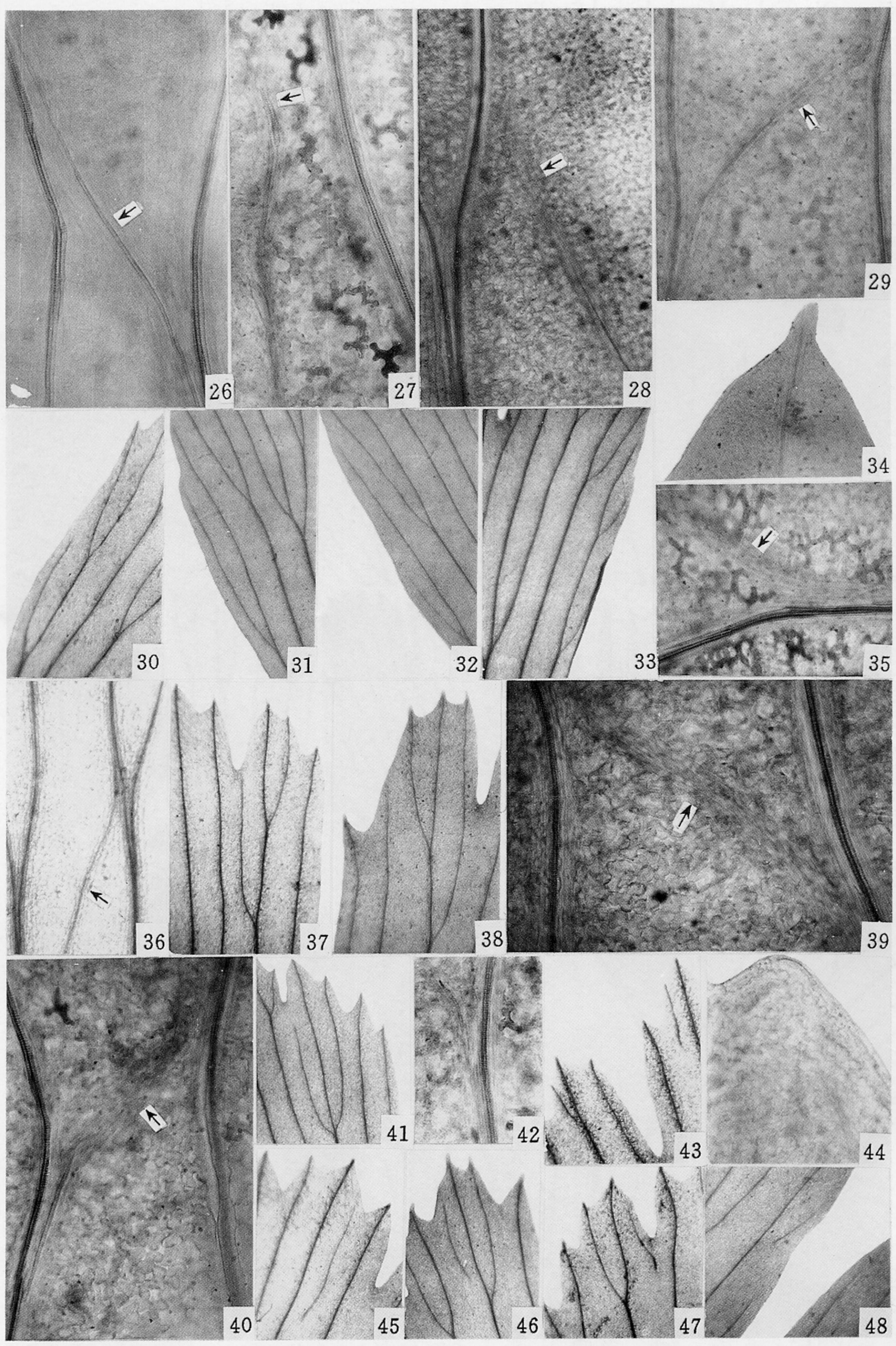
Plate 1　Fig. 1. Lamina of *Kingdonia uniflora*, showing the dividing patterns and the dichotomous venation ×40; Figs. 2～3. Lobes overstepped veins, showing one of the two daughter veins is a blind vein with different length ×40. Fig. 4. Enlarged lamina base shown in Fig. 1 ×40. Fig. 5. Two daughter veins in a lobes overstepped vein are blind ×40. Figs. 6～18. Anastomosis. Fig. 6. A segment with 2 anastomoses ×40. Figs. 7～8. Type A. Fig. 7. Two daughter veins of the fused vein overstep 2 lobes ×25. Fig. 8. The same as in Fig. 7, but one of the daughter veins is blind ×25. Fig. 9. A lateral partition with 3 anastomoses and the most right one is formed by lobes overstepped vein ×50. Figs. 10～13. Type B, showing the anastomoses occurring in different portions of the segment: Fig. 10. An anastomosis is formed by lobes overstepped vein ×40; Fig. 11. There is a blind vein and a wave-liked reduced tooth at the left margin of the lobe ×40; Fig. 12. ×40; Fig. 13. An anastomosis is formed by lobes-overstepped vein ×16. Figs. 14～15. Type A. Fig. 14 ×40; Fig. 15. An anastomosis is formed by lobes-overstepped veins, and there is a blind vein and a wave-liked reduced tooth at the right margin of the segment ×25. Fig. 16～18. Type B. Fig. 16 ×40; Fig. 17. The commissural vein is more slender than others ×40; Fig. 18. The fused vein is blind ×40. Figs, 19～21. Approximate veins. Fig. 19. Two approaching veins seem to fuse into one under the magnification ×40; Fig. 20, ×25; Fig. 21. Enlarged part of an approximate vein shown in Fig. 19, showing 2 extremely approached veins ×100. Figs. 22～25. Type I

blind veins. Fig. 22. Showing the blind ending is formed by interruption of a commissural vein at distal ending ×40; Fig. 23. The same as in Fig. 22 ×25; Fig. 24. The blind vein extends to a tooth without umbo at the apex ×40; Fig. 25. The blind vein exlends to a semicircular reduced tooth, ×40.

Plate 2 Figs. 26～29. The commissural veins (arrows). Fig. 26. The commissural vein with 1-seriate tracheary elements in the vascular bundle ×100; Fig. 27. The commissural vein interrupted at the distal ending ×100; Fig. 28. No tracheary element in the vascular bundle of the distal ending ×100; Fig. 29. No tracheary element in the vascular bundle of the distal half but 1-seriate in the basal half ×70. Figs. 30～33. Type I blind veins. 30. The blind vein extends to a smooth lobe margin, ×40; Figs. 31～33. Branching blind veins Figs. 31～32. Two blind daughter veins of a dichotome ×40; Fig. 33. Three veinlets from a vein are blind ×40. Fig. 34. A normal tooth, showing the ultimate vein terminating at the middle part of the umbo of the tooth ×70. Fig. 35. Type II blind vein, showing one of two daughter veins of a dichotome without tracheary element in the vascular bundle at the base (arrow) ×100. Fig. 36. Part of an anastomosis, showing the commissural vein is more slender than others ×80. Figs. 37～38. Type I blind veins Fig. 37. Blind ending extending to the sinus between 2 lobules ×40; Fig. 38. The same as in Fig. 30×40. Figs. 39～40. Commissural veins (arrow). Fig. 39. No tracheary element in the vascular bundle ×100; Fig. 40. Only 1-seriate tracheary elements in the vascular bundle ×100. Figs. 41～42. Type I blind veins Fig. 41. The same as in Fig. 37 ×40; Fig. 42. An extremely reduced blind vein with only 1-seriate tracheary elements at the ending ×80. Fig. 43. Type II blind vein, showing the blind ending curves to a neighbouring vein ×40. Fig. 44. A reduced tooth, showing the disappearing of the umbo at the apex and no vein terminating in ×70. Figs. 45～48. Type III ×40.



See explanation at the end of text



See explanation at the end of text